

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : **2 728 368**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **94 15310**

(51) Int Cl^e : G 06 F 19/00, 17/50, G 05 B 17/00 G 06 F 167:00

CETTE PAGE ANNULE ET REMPLACE LA PRECEDENTE

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 20.12.94.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 21.06.96 Bulletin 96/25.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : *AGENCE NATIONALE POUR LA
GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS ANDRA —
FR.*

(72) Inventeur(s) : THORNER PABLO.

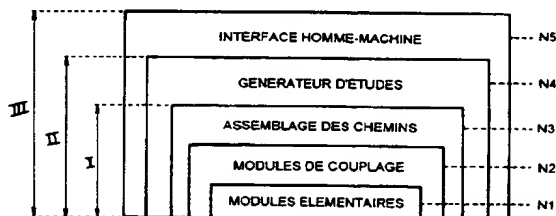
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : BREVATOME.

(54) **SYSTEME D'ETUDE PAR SIMULATION D'UNE CONFIGURATION PHYSIQUE EN VUE DE FOURNIR UNE AIDE
A LA DECISION, ET UTILISATION DE CE SYSTEME DANS DES ENVIRONNEMENTS NATURELS ET
ARTIFICIELS.**

(57) Le système d'étude par simulation d'une configuration
physique en vue de fournir une aide à la décision présente
une structure hiérarchisée à cinq niveaux. L'architecture de
ce système comprend trois pôles indépendants. Il com-
prend un générateur d'études possédant une structure ori-
ginale en V.

Ce système peut être utilisé dans le domaine de l'étude
du transport de flux de matière ou d'informations dans un
système naturel ou artificiel, avec une application au cas
des stockages de déchets toxiques ou radiotoxiques, dans
toutes sortes de configurations normales, altérées ou acci-
dentelles.



FR 2 728 368 - A1



SYSTEME D'ETUDE PAR SIMULATION D'UNE CONFIGURATION PHYSIQUE
EN VUE DE FOURNIR UNE AIDE A LA DECISION, ET UTILISATION
DE CE SYSTEME DANS DES ENVIRONNEMENTS
NATURELS ET ARTIFICIELS

DESCRIPTION

Domaine technique

La présente invention concerne un système d'étude par simulation d'une configuration physique en vue de fournir une aide à la décision. Ce système d'étude s'applique à tout ensemble naturel ou artificiel à l'intérieur duquel transitent des flux d'informations ou de matière. Outre la simulation d'installations industrielles, ce système peut s'appliquer au calcul de l'évolution dans l'environnement de produits chimiques ou radioactifs issus par exemple d'un stockage. Toute évolution peut être reproduite en conditions normales, altérées ou accidentelles.

Etat de la technique antérieure

Un produit de l'art connu pour ce qui concerne le thème des études de sensibilité pour les stockages de déchets radioactifs est le code américain RIP (Repository Integration Program) de la société Golder Associates.

Ce code est décrit dans le rapport intitulé "The RIP Repository Performance Assessment and Strategy Evaluation Model; Theory and Capabilities" (Version 1.00, 15 mai 1992, de I. Miller, R. Kossik et M. Cannane).

Le code RIP est un code permettant de simuler le relâchement et la migration jusqu'à l'environnement humain de radionucléides issus d'un stockage de déchets radioactifs. Il emploie des techniques probabilistes afin d'évaluer la sensibilité du système aux divers paramètres. Il permet de comparer des concepts de stockage (architectures) et des stratégies de caractérisation de sites.

Les insuffisances ou défauts de ce code sont les suivants :

- il ne s'applique qu'au cas des stockages de déchets radioactifs en formation géologique ;

- les incertitudes sur les modèles et les données ne sont prises en compte que par des méthodes probabilistes de type Monte-Carlo ;

5 - la modélisation du système intègre nécessairement le colis, le champ proche, le champ lointain et la biosphère, en supposant qu'il s'agit là du seul sens de migration possible ;

10 - de plus, les modèles élémentaires eux-mêmes (source, ou champ proche, etc.) ne sont pas des solutions analytiques exactes à des problèmes simplifiés précis, mais des approximations descriptives (tabulation de résultats ou surfaces de réponse) issues de l'observation de résultats préalables de modèles complexes. Ces modèles descriptifs sont ainsi établis une fois pour toutes et ignorent les spécificités d'autres types de modélisation, pourtant inévitables dans ce type de projet ;

15 - les résultats des analyses de stratégie de caractérisation des sites ont un caractère simpliste qui est inadapté à la nature même de cette activité. L'aspect "presse-bouton" n'est pas convenable car il prétend donner une réponse chiffrée dans le domaine incertain et subjectif des programmes expérimentaux géologiques ;

20 - le code RIP ne travaille pas explicitement avec la notion de risque ;

 - le code RIP est un tout : il n'y a pas de séparation de pôles ou de niveaux, ce qui en limite la souplesse.

25 La présente invention a pour objet de présenter un outil plus général d'étude de systèmes très variés, ouvert à des méthodes probabilistes intégrées, permettant de reconstruire n'importe quelle configuration sans ordre préétabli, en fournissant les influences relatives des divers paramètres et en laissant à l'utilisateur le soin d'interpréter les résultats et de leur donner un sens
30 dans son cadre propre.

Exposé général de l'invention**Généralités-principes**

5 Le fonctionnement de l'invention repose sur le principe de la simulation, c'est-à-dire sur la reproduction dans l'espace et dans le temps des phénomènes de transfert de flux d'information ou de matière à l'intérieur du système étudié. La simulation d'un ensemble complet de phénomènes et d'événements sur un système physique s'appelle un scénario. Le chemin emprunté par les flux s'appelle une voie de transfert.

10 La description du système à l'intérieur duquel transitent les flux repose sur le principe de modélisation, c'est-à-dire sur la représentation conceptuelle puis mathématique d'une réalité physique.

15 La conceptualisation des modèles destinés à représenter le système repose sur le principe de simplification, c'est-à-dire sur la conservation après justification d'un nombre réduit de phénomènes significatifs dans le contexte d'étude.

Ces quelques rappels sont communs à la plupart des codes de calcul. L'invention présentée ici se distingue de ceux-ci par un ensemble de caractéristiques avantageuses décrites ci-après.

Première caractéristique : les cinq niveaux

25 Selon une première caractéristique avantageuse de l'invention, le système d'étude par simulation d'une configuration physique en vue de fournir une aide à la décision comprend :

- un premier niveau ou niveau 1, constitué de modules élémentaires ;
- 30 - un second niveau ou niveau 2, constitué de modules de couplage ;
- un troisième niveau ou niveau 3, constitué de l'assemblage des chemins de transmission des flux ;
- un quatrième niveau ou niveau 4, constitué d'un générateur d'études ;

- un cinquième niveau ou niveau 5, constitué d'une interface homme-machine.

Avantageusement le premier niveau est constitué de
5 l'ensemble (ou base de données) des entités représentant chacune des fonctions de transfert déterminées par l'utilisateur. Ces fonctions de transfert ont une complexité très variable allant d'une simple équation linéaire à un code de calcul complet.

Le second niveau est constitué d'entités programmées
10 destinées à assurer la transmission des flux entre modules de niveau 1. Ce sont des convertisseurs de format de données, des bifurcations, des points de convergence. Ils effectuent également quelques transformations des informations qui leur sont fournies. Leur complexité ici aussi est variable.

Le troisième niveau est un niveau de programmation dont la
15 vocation est de mémoriser la séquence d'assemblage des modules de niveaux 1 et 2 afin de reconstituer les chemins de transmission des informations souhaités. Ce niveau contient également la logique d'activation des ensembles de modules. Cette logique d'activation est basée sur le temps et sur d'autres critères quantitatifs dont on surveille le niveau afin d'activer ou d'inhiber des chemins.
20 Plusieurs chemins sont définis au sein de ce niveau de manière totalement indépendante.

Dans le quatrième niveau, l'utilisateur définit les variations qu'il désire faire subir au système décrit par le niveau 3. Il définit des jeux de paramètres et des lois de comportement de ceux-ci afin d'évaluer la sensibilité
25 de son système. Il définit également le traitement que doivent subir les résultats afin qu'ils puissent être interprétables (synthèses de données, opérations statistiques, extraction d'informations spécifiques, résultats des comparaisons à des critères d'appréciation). Ce niveau exécute autant de fois le niveau 3 qu'il y a de jeux de données.

Le cinquième niveau est un niveau indépendant qui vient
30 coiffer les quatre niveaux précédents afin d'y apporter la facilité d'utilisation et l'ouverture sur les environnements extérieurs (systèmes de calcul, données). Il est constitué d'un ensemble d'objets graphiques avec lesquels l'utilisateur travaille pour construire ses études (modélisation physique, acquisition des
35 données et variations, gestion des résultats).

Deuxième caractéristique : les trois pôles

Selon une seconde caractéristique avantageuse de l'invention
5 le système d'étude par simulation d'une configuration physique en vue de fournir
une aide à la décision est composé de trois pôles indépendants et
communicants :

- un premier pôle ou pôle 1, ou code de calcul (regroupant les
niveaux 1 à 4) ;
- 10 - un second pôle ou pôle 2, ou interface homme-machine
(niveau 5 seul) ;
- un troisième pôle ou pôle 3, ou gestionnaire de bases de
données qui permet à l'outil de calcul d'avoir accès aux données numériques et
mathématiques dont il peut avoir besoin pour chaque simulation.

15
Avantageusement chaque pôle est situé sur une machine
informatique différente, ou bien joint à un autre pôle sur une même machine.

La communication entre deux pôles situés au sein d'une même
machine se fait par fichiers ou par la mémoire, s'ils ont fait l'objet d'une édition
20 de liens. La communication entre pôles de différentes machines se fait par un
réseau.

Chaque pôle est sollicité sans en informer les autres. Les
fonctions de chacun d'entre eux sont exécutées, sauvegardées, rechargées et
être transmises aux autres pôles ultérieurement.

25
Chaque pôle fait l'objet d'un choix de programmation adapté.
Chaque pôle transmet ses informations aux autres, dans un but
prédéterminé :

- pôle 1 → pôle 2 : retour résultats ou erreurs pour
30 exploitation ;
- pôle 2 → pôle 1 : envoi spécifications de l'étude pour
simulations ;
- pôle 1 → pôle 3 : demande interne de données ou envoi de
résultats (stockage) ;
- 35 - pôle 3 → pôle 1 : envoi des données demandées ;

- pôle 2 → pôle 3 : demande de données, envoi ou demande de résultats ;

- pôle 3 → pôle 2 : envoi de données ou de résultats pour exploitation.

5

Troisième caractéristique : le générateur d'études

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, le système d'étude par simulation d'une configuration physique en vue de fournir une aide à la décision comprend un générateur d'étude qui est une couche du système chargée d'analyser la nature des données d'entrée et de séquencer les calculs nécessaires afin de fournir en sortie les résultats sous une forme définie par l'utilisateur, et qui possède une structure originale en V comprenant :

10

- un interpréteur d'instructions ;

- un constructeur d'études ;

- un séquenceur de simulations ;

- un analyseur de résultats ;

- un conditionneur de résultats.

Le générateur d'études est matérialisé par le niveau 4.

15

Avantageusement l'interpréteur d'instructions lit le jeu de données symbolique issu de l'utilisateur ou des pôles 2 ou 3. Ce jeu de données contient tous les éléments nécessaires pour définir l'étude qui doit être menée : les modèles et leurs variations.

20

Le constructeur d'étude met en place effectivement tous les éléments, conformément à l'interprétation préalable. Il relie les modules entre eux, affecte les valeurs aux paramètres et prépare les filtres pour les résultats de sortie. A la fin de cette phase, le système est prêt à effectuer les calculs.

25

Le séquenceur de simulations contient les boucles et branchements divers qui permettent d'animer le calcul. C'est la partie exécutive du niveau 4. Elle fournit les résultats bruts.

L'analyseur de résultats déchiffre, trie et filtre les résultats selon les règles spécifiées par l'utilisateur. C'est lui en particulier qui calcule les moyennes, les intervalles de confiance, qui retient certaines valeurs

représentatives, etc... : A l'issue de ce traitement ne subsistent que les données à sortir.

Le conditionneur de résultats met les paquets de résultats préalablement extraits, au format compatible avec l'environnement extérieur. Les résultats se voient affecter des paramètres descripteurs, sont placés dans un train de données de manière à être visualisables ou lisibles sur listing. Le tout est renvoyé soit à l'utilisateur (utilisation du pôle 1 seul) soit aux pôles 2 ou 3.

Quatrième caractéristique : l'interface utilisateur en étoile

Avantageusement, le système de l'invention possède, pour l'interface entre l'homme et la machine (niveau 5) une architecture de dialogue en étoile avec priorités, originale dans le domaine des outils de calcul d'impact sur l'environnement de la dispersion de polluants toxiques et radiotoxiques.

Cette architecture permet à l'utilisateur de disposer d'un atelier d'études où il peut mettre au point tous les éléments de son système avec une rigidité minimale. La saisie des données se fait dans l'ordre que l'on préfère, à l'exception de certaines données qui, pour être mémorisées, nécessitent par nature la fourniture préalable d'autres éléments. L'entrée des données peut même être incomplète, en attendant une reprise ultérieure de l'étude.

Avantages procurés par les différents choix

25

Le système de l'invention présente les avantages suivants :

- il dépense des temps de calcul faibles, pour permettre des études en grand nombre ;
- il est modulaire, pour autoriser tous types de scénarios ;
- il permet d'effectuer plusieurs types d'études, allant des études déterministes aux études plus complexes prenant en compte des incertitudes et fournissant des résultats synthétiques ;
- il est construit essentiellement sur des modèles simplifiés pour faciliter la compréhension et reste ouvert aux modèles complexes ;
- il utilise des outils puissants de gestion de bases de données ;

35

- son utilisation s'approche au maximum du mode de pensée de l'opérateur, pour lui permettre une exploitation aisée et intensive ;

- il a une durée de vie conséquente, afin d'accompagner les projets industriels et les activités concernées jusqu'à leur terme ;

5 - il est ouvert au maximum d'évolutions, notamment à l'intégration d'entités hétérogènes comme peuvent l'être des logiciels indépendants.

10 **Emplois du système : domaines scientifiques et techniques, modes d'utilisation**

Le système de l'invention s'applique à de nombreux domaines scientifiques et techniques :

15 - il concerne aussi bien les installations et produits industriels que la recherche ;

 - il s'applique à tous les systèmes constitués de réseaux plus ou moins complexes à l'intérieur desquels circulent des fluides (eau, gaz), des solides (processus industriels) et tous autres types d'informations (électricité, rayonnements, données non physiques, personnes) ;

20 - il s'applique en particulier à l'étude de la dispersion normale ou accidentelle de polluants dans des milieux complexes artificiels et naturels, pour en déduire l'impact sur l'environnement. Ces polluants peuvent être chimiques ou bien radioactifs. Dans ce dernier cas, il peut plus précisément

25 s'agir de flux issus d'un stockage de déchets radioactifs.

Les modes d'utilisation du système de l'invention sont multiples également et dépendent de l'objectif poursuivi :

 - il sert de support informatique pour la modélisation et les

30 études de sensibilité (objectif 1 : quantifier le comportement d'un système physique. Objectif 2 : compréhension du fonctionnement d'un système physique et hiérarchisation des paramètres importants) ;

 - il sert d'outil d'aide à la conception et à la décision (objectif 1 : définir avant la construction les performances requises pour chaque élément

35 d'un système à concevoir de manière à garantir une certaine fiabilité en toutes

circonstances. Objectif 2 : orienter les programmes de recherche et développement sur les points jugés prioritaires au vu du résultat des simulations. Objectif 3 : quantifier les volets techniques de l'optimisation coût/bénéfice d'un produit) ;

5 - il sert d'outil d'évaluation de sûreté (objectif : quantifier a priori le niveau de sûreté d'un produit en tenant compte de toutes les conditions normales et accidentelles qu'il risque de rencontrer tout au long de sa phase de vie) ;

10 - il sert d'outil d'évaluation des conséquences normales et post-accidentelles d'un produit sur son environnement (objectif : modéliser une situation de manière à comprendre a posteriori le comportement d'un système physique et orienter les actions futures).

15 Description détaillée dans le cas des stockages de déchets

Afin de matérialiser le type d'utilisation que l'on fait du système de l'invention, on décrit brièvement en quoi consiste un stockage souterrain de déchets (la figure 5B peut être consultée en appui à la description) : on y trouve
20 les déchets eux-mêmes, que l'on a conditionnés de manière à leur donner la plus grande cohésion possible. Ces déchets peuvent être entourés d'un emballage plus ou moins étanche. Chaque élément ainsi constitué appelé "colis" est placé dans des ouvrages souterrains (ou "barrières ouvragées") destinés à offrir une protection et un confinement supplémentaire des déchets. Les
25 ouvrages sont donc placés sous une épaisse couche géologique (ou "géosphère") destinée à fournir encore une garantie contre l'agression et la dispersion des polluants. Il y a enfin la biosphère, partie extérieure du système dans laquelle l'homme évolue et dans laquelle il est susceptible de capter des polluants éventuellement relâchés par l'intermédiaire de chaînes alimentaires
30 complexes, d'inhalation et/ou d'irradiation.

Ce système complexe évolue dans le temps selon des directions qui sont plus ou moins probables en fonction de la période de temps étudiée :

35 - dans cette période, tout phénomène et événement se produisant de manière certaine ou quasi-certaine fait partie intégrante du

"scénario d'évolution normale", qu'il faut considérer comme le mode de fonctionnement nominal du système de stockage ;

- dans cette période, tout événement moyennement ou peu probable qui se produit et qui mène à une perturbation voire à une dégradation du système fait partie de la famille des "scénarios hypothétiques", qu'il faut étudier individuellement puis relativiser en considérant la probabilité d'occurrence. Le risque quantitatif peut servir à hiérarchiser ces scénarios pour décider de leur représentativité.

10 Brève description des figures

- La figure 1 illustre la décomposition en cinq niveaux du système de l'invention ;
- la figure 2 illustre l'architecture en trois pôles du système de l'invention ;
- la figure 3 illustre l'architecture en V du générateur d'études du système de l'invention ;
- la figure 4 illustre l'architecture en étoile du niveau 5 en général, avec application au cas de la gestion des déchets ;
- la figure 5, parties A et B, illustre une configuration physique retenue pour un exemple de réalisation considéré, avec une équivalence entre une configuration réelle (partie B) et une représentation symbolique (partie A) ;
- la figure 6 illustre un exemple d'algorithme d'un exemple de réalisation ;
- la figure 7 illustre un détail de l'organisation du module de transport (niveau 3) avec ses appels aux niveaux inférieurs.

Exposé détaillé de modes de réalisation

30 Dans cette partie, l'on décrit dans le détail une série de caractéristiques complémentaires du système de l'invention. Chaque fois qu'un exemple est donné, il concerne le cas du stockage souterrain de déchets radioactifs ou toxiques.

35

Dénomination par groupes de niveaux

L'ensemble des niveaux 1 à 3 est appelé "noyau de calcul",
référéncé I sur la figure 1. Si l'on y ajoute le niveau 4 cela devient le "code de
5 calcul", référéncé II. Avec le niveau 5, c'est l' "outil de calcul", référéncé III.

Détails complémentaires sur les niveaux

10 On présente ici des compléments de description de la première
caractéristique du système de l'invention : la décomposition en cinq niveaux.

Pour répondre à ces différents impératifs, le système de
15 l'invention présente une structure hiérarchisée à cinq niveaux, comme
représenté sur la figure 1.

Niveau 1 (N1) : modules élémentaires

Ce niveau représente les modules simplifiés servant de base
20 au calcul. Ils contiennent la modélisation physique locale.

L'utilisateur dispose d'une véritable bibliothèque de ces
modules, dans laquelle il choisit selon ses besoins.

Lors du développement, on prend garde à homogénéiser les
formats d'entrée et de sortie de chaque module, afin de permettre un maximum
25 d'échanges standards en vue de la comparaison des modèles.

Niveau 2 (N2) : modules de couplage

Ce niveau est également composé de modules simplifiés. La
différence par rapport aux précédents réside dans le fait que les modules niveau
30 2 se chargent de l'interconnexion entre les modules niveau 1 : on trouve en
particulier des modules de répartition de flux, de sommation, d'atténuation, de
couplage simple.

Ces modules ont un aspect plus algébrique que physique, mais
se situent un cran au-dessus du niveau 1 en termes de modélisation, puisque,

par l'intégration de ces derniers, ils reproduisent la configuration physique d'un système physique, c'est-à-dire les voies de transfert.

Niveau 3 (N3) : assemblage des chemins

5 Pour animer le transport des flux dans une configuration physique, il faut construire une logique événementielle. C'est le but de ce niveau.

Celui-ci est composé essentiellement de l'algorithme qui régit l'activation des voies de transfert, en fonction du temps, ou bien en fonction d'autres paramètres dont le niveau fait basculer d'une configuration à une autre.

10 Ce niveau permet donc l'assemblage des scénarios, mais ne permet pas encore de les exécuter. Plusieurs objets-scénarios peuvent être créés simultanément.

Niveau 4 (N4) : générateur d'études

15 C'est ici que les calculs sont animés. Le niveau 3 définissait un scénario valable pour un jeu de valeurs fixées ; le niveau 4 permet de mener des études plus ou moins complexes en générant des familles de jeux de données qui sont fournies une par une au niveau 3.

20 De cette manière il est possible de mener des études de sensibilité, des études d'incertitude et même de résoudre des problèmes inverses.

On peut mettre en communication la base de données dès ce niveau.

25 Au vu de ces principes, le système fonctionne déjà à l'aide des quatre premiers niveaux.

Niveau 5 (N5) : interface homme-machine (IHM)

30 Pour faciliter le plus possible la tâche à l'utilisateur, on a développé un environnement adéquat afin de rationaliser les mises au point des données ainsi que le traitement des résultats : c'est ce que l'on appelle une "interface homme-machine" (IHM).

35 Cette interface homme-machine est conçue comme une "surcouche" du niveau 4, c'est-à-dire qu'elle se présente comme un habillage informatique performant. L'interface homme-machine permet de mettre au point les systèmes physiques et les moyens de les étudier, d'appréhender les résultats

souvent volumineux, de communiquer avec une base de données ainsi qu'avec d'autres logiciels et de faire interagir l'ensemble de ces données.

5 Domaines techniques de chaque niveau

Chaque niveau englobe un domaine technique particulier :

	<u>SYSTEME</u>	<u>DOMAINE</u>
10	Niveau 5 ———→	Informatique pure
	Niveau 4 ———→	Probabilités, calculs, méthodes statistiques
	Niveau 3 ———→	Algorithmique des événements
15	Niveau 2 ———→	Physique des systèmes
	Niveau 1 ———→	Physique locale

De cette manière, le système de l'invention apparaît découpé en thèmes indépendants, possédant chacun une problématique propre. Un progrès effectué à un niveau ne contraint pas à remodeler les autres, si ce n'est pour les informer de l'existence de cette nouveauté.

Cette indépendance est particulièrement importante entre le niveau 5 et le niveau 4, le premier étant dépendant d'un système informatique, le deuxième ainsi que les subordonnés devant présenter une bonne portabilité. Cet aspect sera abordé lors de la justification des choix informatiques.

Simplification des modèles

On associe à chaque élément du système étudié (niveaux 1 et 2), une modélisation simplifiée de la physique qu'il contient. Chaque fois que les hypothèses et les méthodes le permettent, la formulation des modèles se fait sous forme analytique. Ceci exige une quantité limitée de phénomènes à considérer. Si la complexité croît, on a recours au principe de réduction empirique de modèles complexes, qui consiste à exploiter des outils contenant

un ensemble complet de phénomènes et à en déduire des lois de comportement algébriques ou numériques. Ce sont des lois que l'on tabule de manière à constituer un modèle simplifié. Les calculs se font ensuite par interpolation entre les points échantillonnés lors de l'utilisation initiale des outils complets. Il y a
5 enfin l'utilisation des méthodes numériques classiques, dans le cas où le problème à résoudre est impossible à simplifier et impossible à réduire en lois de comportement.

La présence de fortes incertitudes peut, après un calcul justificatif, autoriser l'élimination de certains phénomènes qui contribuent au
10 second ordre sur le résultat. C'est le cas des modélisations spatiales (à deux ou trois dimensions) des milieux géologiques, où il est pertinent de considérer que l'écoulement des eaux souterraines est équivalent à une migration unidimensionnelle. C'est essentiellement cette approche qui est retenue initialement dans le cas des stockages souterrains de déchets.

15

Modularité

La nécessité de construire facilement des scénarios variés conduit à la conception d'un outil modulaire, constitué de modèles apparentés à
20 des fonctions de transfert, disposant de protocoles standards en entrée et en sortie.

le principe de la conception modulaire autorise la prise en compte d'un réseau de voies de transfert parallèles, allant jusqu'à la
25 représentation complète d'un système de stockage.

Gestion du couplage et de la simulation

30 Pour que le concept informatique du système soit efficace, il convient d'éviter les résolutions pas à pas dans le temps. Ceci conduit à concevoir des modules de manière découplée. Le découplage entre modules et la conception de la plupart d'entre eux oblige à les faire communiquer à l'aide de signaux décrits en bloc sur toute une période de calcul (un module analytique

type géosphère par exemple ne peut fournir une réponse que s'il connaît intégralement le signal en entrée).

L'utilisateur dispose donc en permanence de toute l'information au cours du temps. Il choisit a posteriori dans cette période une fenêtre
5 d'observation ou bien un ensemble de temps précis.

Dans le cas où le découplage entre modules conduit à des erreurs inacceptables en regard de la précision demandée, et où il n'est pas souhaitable de développer un module global contenant le couplage de manière interne, il existe une option où un léger couplage est possible.

10 Le module aval qui doit rétroagir sur le module amont dispose d'un canal de flux de retour qui est lu par le niveau 3 du système de l'invention et réinjecté par celui-ci dans le module amont pour une nouvelle émission de flux. Ce bouclage rétrograde n'a d'intérêt que s'il s'effectue un très petit nombre de fois.

15 Enfin, la simulation est contrôlée également par des paramètres autres que le temps. Après désignation par l'utilisateur, divers indicateurs sont consultés en permanence de manière à surveiller l'instant où ils franchissent des valeurs-seuils précises. L'observation d'un tel franchissement conduit le système de l'invention à enchaîner les calculs sur une configuration
20 différente et définie à l'avance, de manière à tenir compte de phénomènes aléatoires ou non linéaires.

Connexion aux bases de données

25 Etant donné la quantité de modèles, de données et de résultats susceptibles d'être utilisés par le système de l'invention, on connecte celui-ci à un gestionnaire de bases de données (pôle 3). Ce gestionnaire est consulté indépendamment, ou bien à partir des pôles 1 ou 2. C'est à lui que l'on confie les
30 tâches d'archivage et de recherche des données, avec une approche multicritères.

Implantation des pôles

Comme représenté sur la figure 2 le système de l'invention présente avantageusement une architecture comprenant trois pôles
5 indépendants.

Ces pôles sont indépendants, c'est-à-dire que :

- chacun peut être situé sur une machine informatique différente, ou bien on peut en regrouper plusieurs sur une même machine ;
- chaque pôle est sollicité sans en informer les autres. Les
10 fonctions de chacun d'entre eux sont exécutées, sauvegardées, rechargées et être transmises aux autres pôles ultérieurement ;
- chaque pôle peut faire l'objet d'un choix de programmation différent (par exemple : pôle 1 en Fortran, pôle 2 en langage C, pôle 3 sous Oracle).

15

Compléments sur le générateur d'études

Le système de l'invention est caractérisé avantageusement
20 entre autres par la présence d'un générateur d'études (niveau 4), qui est une couche du système chargée d'analyser la nature des données d'entrée et de séquencer les calculs nécessaires afin de fournir en sortie les résultats sous une forme définie par l'utilisateur.

Ce générateur d'études possède une structure originale en V,
25 dont les éléments sont sur la figure 3 :

- un interpréteur d'instructions 10 ;
- un constructeur d'études 11 ;
- un séquenceur de simulations 12 ;
- un analyseur de résultats 13 ;
- 30 - un conditionneur de résultats 14.

Description de l'architecture en étoile de l'interface homme-machine

5 L'organigramme fonctionnel de l'interface homme-machine pour la gestion de déchets est représenté sur la figure 4.

Il s'agit de la disposition de fonctionnement de cette interface, dans le cadre des outils d'aide à la gestion des déchets.

10 Contrairement aux interfaces classiques d'acquisition de données et de traitement des résultats, cette interface n'est pas d'une utilisation séquentielle. Il s'agit plutôt d'une architecture en étoile avec priorités.

On a ainsi la feuille principale (action générale) 20 qui est reliée à chacun des modules périphériques :

- 15 - choix des modules physiques 21 ;
- assemblage des modules et des scénarios 22 ;
- mise au point des données sur les modules 23 ;
- définition et exploitation des résultats 24 ;
- exécution des calculs 25 ;
- mise au point des caractéristiques des calculs 26 ;
- 20 - mise au point des données sur les particules 27 ;
- choix des particules à faire migrer 28.

L'utilisateur se trouve par défaut au centre de cette étoile, c'est-à-dire dans la situation où l'interface attend une sollicitation de l'opérateur.
25 Quand on est au centre, il est possible d'effectuer toutes les opérations à caractère général : sauvegarde ou chargement de toute une étude, exécution d'un calcul ou fin de travail par exemple.

L'opérateur peut donc se rendre dans l'une quelconque des branches du système pour mettre au point (exemples non exhaustifs) :

- 30 - la famille de radionucléides à étudier,
- la configuration spatiale et temporelle du scénario ;
- les paramètres de chaque module physique ;
- les résultats à retenir.

Bien que l'on puisse se rendre dans chaque branche sans contrainte particulière, il y a un certain ordre initial naturel à respecter : les paramètres d'un module ne peuvent en effet être examinés qu'après avoir sélectionné ce même module. Cette règle de priorité évidente mise à part (et liée
5 à la dépendance entre éléments), il est possible de solliciter chaque branche dans le désordre.

Description du langage entre interface et code de calcul

10

Pour que les niveaux 1 à 4 puissent être exécutés indépendamment du niveau 5 (par exemple, exécution à partir d'un terminal non graphique, multifenêtrage indisponible, etc.), et que la communication entre ces deux parties soit la plus simple possible, on emploie un langage très simple
15 (quelques mots clés, une syntaxe de base, claire et non cryptée) qui permet de décrire à la fois l'assemblage des modules, le scénario et les types d'études ainsi que les grandeurs à extraire. Ce langage symbolique adopte la philosophie d'un Langage Orienté Objet, dans une optique simplifiée et que l'on nommera LSE (langage symbolique pour les études).

20

L'utilisateur peut de cette façon concevoir, à l'aide d'un éditeur rudimentaire, un jeu de données représentant toute son étude, puis le fournir comme fichier d'entrée.

25

Le niveau 4 est alors équipé d'un interpréteur simple qui permet de convertir les instructions du jeu de données en pointeurs et séquences d'activation internes : l'interprétation ne se fait donc qu'une seule fois dans toute l'étude, au début et non à chaque itération de calcul, comme le proposent
malheureusement la plupart des langages interprétés.

30

Il en découle que l'interface homme-machine est conçue simplement comme un outil qui traduit les directives de l'utilisateur à l'écran en un jeu de données du type précédent. Le niveau 5 dispose bien entendu de l'inventaire complet des modèles et fonctions supportés par les niveaux inférieurs.

Le coeur du système (niveaux 1 à 4) fournit en retour, des informations variées :

- pendant l'interprétation et avant toute exécution, le coeur renvoie des messages faisant état d'éventuelles incohérences des jeux de données. Cette information, qui peut être mise sous forme de fichier, est directement consultable en console et doit être supportée par l'interface homme-machine ;
- après ou pendant l'exécution, toute anomalie de calcul (dépassement mémoire, erreurs de calcul, etc.) est identifiée et remonte jusqu'à l'utilisateur, par le biais de canaux du type précédent (fichiers) ;
- naturellement, après une exécution fructueuse, les résultats que l'utilisateur a spécifié de sortir sont accessibles directement ou par le biais de l'interface homme-machine.

Inventaire d'études-types

15

Les types d'études pris en compte par le système de l'invention et plus précisément par le niveau 4 sont les suivants :

- les études déterministes, qui consistent à simuler le déroulement des scénarios en prenant des jeux de données bien connus initialement. Il peut y avoir un seul jeu de données ou bien une série reproduisant par exemple une séquence paramétrique régulière ou irrégulière ;
- les études d'incertitudes, qui consistent à englober dans le résultat final, une quantification du niveau d'incertitude qui caractérise certains paramètres. Les simulations se passent comme dans le cas déterministe, à l'exception du fait que les paramètres incertains sont caractérisés par des distributions probabilistes et que l'on ne connaît pas précisément les éléments de l'échantillonnage de ceux-ci. On ne retient qu'une ou plusieurs valeurs significatives de l'incertitude (moyenne, intervalle de confiance). Le mode de description des distributions de probabilités peut être aléatoire, en hypercube latin ou par formulation intégrée dans les équations ;
- les études inverses, qui consistent à balayer des gammes de valeurs de paramètres jusqu'à ce que le résultat coïncide avec une valeur ou un intervalle spécifié à l'avance. C'est un mode d'exploration "en aveugle" qui permet de répondre à certains types de questions.

35

De manière commune à tous ces modes d'étude, les variations se font sur un ou plusieurs paramètres simultanément, de manière à disposer de diagrammes d'influences complexes.

5

Temps de réponse des calculs

Par nature, l'usage que l'on fait du système de l'invention est intensif. On demande au système informatique correspondant de prendre en
10 compte de nombreuses configurations et d'effectuer sur celles-ci de nombreux calculs (études de sensibilité). Cette situation n'est acceptable que si les calculs sont effectués en peu de temps.

Pour optimiser les temps de réponse, il est nécessaire de concevoir les quatre premiers niveaux de manière à limiter au maximum les
15 interactions avec l'unité de stockage de masse, généralement le disque dur.

Dans ce but, on s'efforce d'intégrer tous les modules et toutes les entités de calcul dans un même module exécutable, à l'intérieur duquel les situations configurées par l'utilisateur (stockages, scénarios, études de sensibilité) sont symbolisées par des réseaux de variables-pointeurs.

20 De cette manière l'ensemble des développements relatifs aux quatre niveaux figure sous la forme d'une bibliothèque complète corrélée en interne, ne nécessitant de recompilation qu'à chaque adjonction ou modification de modèle.

Les calculs sont effectués exclusivement en mémoire centrale,
25 ce qui permet non seulement d'améliorer considérablement les temps de réponse, mais également d'épargner les systèmes mécaniques situés dans les disques.

30

Interface homme-machine

Les possibilités informatiques actuelles permettent de donner aux logiciels un caractère convivial qui rendent l'apprentissage et l'utilisation plus agréables tout en permettant de traiter des informations plus nombreuses et plus
35 complexes.

Les techniques qui permettent d'atteindre un tel objectif sont les techniques d'interfaçage homme-machine. Elles font appel à une multitude de possibilités en termes d'ergonomie d'utilisation. L'emploi de symboles graphiques, de couleurs, de schémas et de périphériques tels que la souris est
5 extensif et constitue un métier à part entière, avec ses outils de développement et son expérience propre.

Le mode de fonctionnement principal du système est celui qui laisse à l'utilisateur le choix des modèles pour toute la série de calculs, le logiciel vérifiant la cohérence de la configuration demandée. Il est développé une option
10 où le choix de certains modèles revient au programme, sous réserve d'une information ou d'une confirmation par l'utilisateur.

Exigences de pérennité et de portabilité

15

Pour une mise en oeuvre avantageuse du système de l'invention, on peut être amené à faire un certain nombre de choix.

Ainsi, par exemple, le choix des langages de programmation est lié :

20

- à l'indépendance des pôles du système de l'invention ;
- au souci de pérennité du système.

La durée de vie souhaitée pour le système de l'invention excède les dix ans : il n'est pas concevable d'opter pour des solutions informatiques "exotiques", même si, ponctuellement, elles présentent des
25 avantages particuliers.

Les exigences ne sont pas les mêmes selon les niveaux. En effet, le coeur du système (ou code de calcul), qui est constitué des niveaux 1 à 4, contient la connaissance et l'expérience : il est donc amené à transmettre toutes ces notions au cours du temps. Par conséquent, il est écrit dans un
30 langage durable.

Ce coeur peut être amené à changer de machine hôte : pour éviter les difficultés liées à la migration d'un système informatique, il faut choisir un langage très portable et répandu dans le milieu du calcul.

Enfin, les utilisateurs peuvent être amenés à étoffer eux-mêmes les bibliothèques de modèles ou à améliorer les procédures de calcul : il faut un langage d'accès facile.

Pour toutes ces raisons, le choix peut se porter sur le Fortran
5 77, langage largement répandu dans l'industrie et qui, ayant fait ses preuves depuis de nombreuses années, est vraisemblablement encore promis à une longue carrière. Le langage C répond également à ces exigences bien que plus fermé à la compréhension.

Pour ce qui concerne l'interface homme-machine, les impératifs
10 sont différents : pour être vraiment efficace, cette partie doit faire appel aux fortes potentialités des machines actuelles en matière de graphisme, de réseaux, d'entrées/sorties et de mémoire.

On peut donc opter pour un langage moderne et puissant. Le
Langage C, épaulé par les ressources de gestionnaires graphiques. MOTIF/X-
15 Windows semble un bon choix, d'autant plus que ces produits sont de plus en plus standards en informatique. Cet ensemble est alors géré par un système d'exploitation UNIX, en voie également de standardisation.

L'interface homme-machine, puisqu'il ne représente qu'un seul
niveau du système, peut être périodiquement et à moindre coût remis à jour si le
20 marché propose des produits plus évolués.

Exemple concret d'application : maquette informatique opérationnelle

Exemple de situation physique et modèle conceptuel équivalent

25 La figure 5 illustre une configuration retenue pour l'exemple de réalisation, avec une équivalence entre la physique réelle et une représentation symbolique.

Sur la figure 5 partie A, on a un module biosphère 100 relié à un module sommateur 101, relié à un module répartiteur 102 à travers soit un
30 module milieu poreux rapide 103, soit à travers un module milieu poreux convectif et dispersif lent 104.

Le module répartiteur 102 est relié à un module source de particules 105.

Cette représentation de la figure 5 partie A correspond à la
35 figure 5 partie B sur laquelle sont représentés un environnement humain 106,

une fracture conductrice 107, un milieu poreux sain 108, un stockage de déchets 109, et un débit hydraulique souterrain 110.

Inventaire des éléments pouvant constituer un système de stockage de déchets

5

La figure 5 illustre donc une configuration physique retenue comme exemple de réalisation, c'est-à-dire un site de stockage souterrain de déchets. D'une manière générale, les différentes entités physiques présentes dans un tel site de stockage peuvent être les suivantes :

10

- déchets :

- les colis et leur inventaire toxique ou radiotoxique ;
- les éventuels surconteneurs ;

- concept de stockage (donné à titre purement indicatif) :

15

- les barrières ouvragées de voisinage,
- les puits de stockage,
- les galeries,
- les serremments de galerie,
- les puits d'accès,

20

- les scellements de puits,

- géosphère :

- la roche sédimentaire, considérée comme homogène,
- la roche cristalline fracturée à petite échelle, considérée comme homogène,
- les fractures interceptant le stockage,
- les fractures n'interceptant pas le stockage,
- les forages en cas d'intrusion humaine,
- les sondages de reconnaissance ;

25

- biosphère :

- transport dans les sols, l'air, les chaînes alimentaires conduisent à une dose pour l'homme par ingestion, inhalation ou irradiation externe, le tout étant pris en compte par des facteurs de conversion.

35

L'assemblage de ces divers éléments physiques permet de reconstituer les voies de transfert, des colis vers la biosphère, que l'on représente par une série de fonctions de transfert simple. Le transport reposant sur un modèle monodimensionnel, chaque voie de transfert présentant une
5 composante de transport convectif se voit affecter un écoulement uniforme. Il est possible d'établir a priori une liste des voies de transfert les plus significatives, en spécifiant l'enchaînement des divers éléments physiques, comme on le voit sur la figure.

10 **Types de scénarios envisagés et conséquences**

Le système ainsi décrit est étudié dans une multitude de situations, normales, hypothétiques, non perturbées et accidentelles.

Le calcul des conséquences dans les cas significatifs permet
15 d'émettre des exigences de conception avant réalisation et d'évaluer après conception le risque représenté par une telle installation.

Algorithme général

20 Le système de l'invention a fait l'objet de diverses maquettes. Ces maquettes ont déjà servi dans le cadre d'études réelles et leur utilisation continue pour de nouveaux besoins.

La figure 6 illustre donc un algorithme d'un exemple de
25 réalisation du système de l'invention. Sur cette figure les chiffres donnés sur le côté de certains modules spécifient le niveau concerné.

Sur cette figure 6 le module menu principal 30 (choix des sous-
menus, opérations générales) reçoit des informations en provenance du module
initialisation données par défaut 31, et est relié au module sélection des
30 éléments radioactifs 32, au module édition des données du calcul 33, au module
exécution des calculs 34, au module tracé de courbe 35, au module entrées et
sorties sur le disque 36, et au module de changement de la base de données
(différents déchets) 37.

Le module 32 est relié au module 40 (éléments simples,
35 chaînes radioactives, ajouter/supprimer, modes de dégradation).

Le module 33 est relié au module d'édition des radionucléides 41 et au module d'édition des modules 42 reliés tous deux au module d'édition des tables de données 43. Le module 33 est également relié au module d'édition des paramètres généraux 44 et au module de reconnaissance automatique du type d'études 45 relié au module 34, relié lui-même à un module de vérification de cohérence des valeurs 46.

Le module 35 est relié à un module 47 (choix des abscisses, choix du paramétrage des courbes, choix des radionucléides, choix des valeurs à tracer).

Le module 36 est relié à quatre modules : un module 48 (lire un jeu de données), un module 49 (écrire un jeu de données), un module 50 (lire les résultats) relié au module 45, et un module 51 (écrire les résultats). En sortie du bloc 34 un test 52 permet d'effectuer une liaison au module 53 d'échantillonnage par Monte-Carlo des variables s'il s'agit d'une étude probabiliste. Un test 54 permet alors d'effectuer une liaison à une première branche s'il y a cumul des résultats des radionucléides, et à une seconde branche sinon.

Dans la première branche on a successivement une boucle paramètre 60, une boucle tirs 61 (si approche probabiliste), une boucle chaîne 62. Un module transport des chaînes 63 illustré en figure 7, avec une boucle 64 radionucléides et un module 65 cumul des chaînes sont reliés à cette boucle 62. Un module 66 compactage des signaux est de plus relié à la boucle 61. Un module extraction de borne 95 % (si approche probabiliste) 67 avec boucle tirs 68, un module compactage 69 sont de plus reliés à la boucle 60.

Dans la seconde branche on a successivement une boucle chaîne 70, une boucle paramètre 71, une boucle tirs 72 (si approche probabiliste). Un module transport des chaînes 73 (illustré sur la figure 7), une boucle radionucléides 74, un module 75 extraction du 95 % (si approche probabiliste) avec boucle tirs 76, et un module compactage 77 sont reliés à ces trois boucles.

Les deux modules de compactage 69 et 77 sont reliés à un module résultat 80 dont la sortie S est dirigée vers le menu principal.

Module de transport

La figure 7 illustre un détail de l'organisation du module de transport (niveau 3) avec ses appels aux niveaux inférieurs. Sur cette figure les chiffres indiqués sur les côtés des modules indiquent le niveau concerné.

Sur la figure 7 un module transport d'une chaîne 85 est relié à un module source de flux issu du stockage 86 relié lui-même à un module traitement des objets à plusieurs radionucléides (chaînes) 87, à un module conversion des signaux en un signal tabulé cadré en temps 88, et à un module calcul de répartition des flux en milieu poreux 89.

Le module 87 est relié à un module de calcul 90 (calcul des solutions des équations de filiation, calcul des instants de changement de régime de solubilité, calcul des temps caractéristiques).

Le module 89 est relié à un module migration en milieu rapide 91 suivi d'un module migration en milieu lent 92, ces deux modules étant reliés à un module formation de signaux issus d'une chaîne 93, et un module bibliothèque de solutions analytiques aux équations de transport 94.

Le module 92 est relié à un module cumul de flux des deux milieux 95, relié à un module préparation et compactage de signaux 96, suivi d'un module impact à la biosphère 97 donnant un signal R (retour).

REVENDEICATIONS

1. Système d'étude par simulation d'une configuration physique en vue de fournir une aide à la décision, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - un premier niveau (N1) constitué de modules élémentaires ;
- un second niveau (N2) constitué de modules de couplage ;
- un troisième niveau (N3) constitué de l'assemblage des chemins de transmission des informations ;
- 10 - un quatrième niveau (N4) constitué d'un générateur d'études ;
- un cinquième niveau (N5) constitué d'un interface homme-machine.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le
15 premier niveau (N1) est constitué de l'ensemble des entités représentant chacune des fonctions de transfert déterminées par l'utilisateur.

3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que le second niveau (N2) est constitué d'entités programmées destinées à assurer la transmission des informations entre modules du premier niveau.

20 4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que le troisième niveau (N3) est un niveau de programmation dont la vocation est de mémoriser la séquence d'assemblage des modules des premier et second niveaux afin de reconstituer les chemins de transmission des informations souhaités.

25 5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que dans le quatrième niveau (N4) l'utilisateur définit les variations qu'il désire faire subir au système décrit par le troisième niveau.

30 6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que le cinquième niveau (N5) est un niveau optionnel et indépendant qui vient coiffer les quatre niveaux précédents afin d'y apporter la facilité d'utilisation et l'ouverture sur les environnements extérieurs, et en ce que ce cinquième niveau (N5) est constitué d'un ensemble d'objets graphiques avec lesquels l'utilisateur travaille pour construire ses études.

7. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il possède pour l'interface entre l'homme et la machine, constitué par le cinquième niveau (N5), une architecture de dialogue en étoile avec priorités.

8. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est
5 composé de trois pôles indépendants et communicants :

- un premier pôle ou code de calcul ;
- un second pôle ou interface homme-machine ;
- un troisième pôle ou gestionnaire de bases de données qui permet à l'outil de calcul d'avoir accès aux données numériques et
10 mathématiques dont il peut avoir besoin pour chaque simulation.

9. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que chaque pôle peut être situé sur une machine informatique différente.

10. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que chaque pôle est sollicité sans en informer les autres, les fonctions de chacun
15 d'entre eux pouvant être exécutées, sauvegardées, rechargées et être transmises aux autres pôles ultérieurement.

11. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que chaque pôle fait l'objet d'un choix de programmation indépendant.

12. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que
20 chaque pôle transmet ses informations aux autres, dans un but prédéterminé :

- pôle 1 → pôle 2 : retour résultats ou erreurs pour exploitation ;
- pôle 2 → pôle 1 : envoi spécifications de l'étude pour
25 simulations ;
- pôle 1 → pôle 3 : demande interne de données ou envoi de résultats ;
- pôle 3 → pôle 1 : envoi des données demandées ;
- pôle 2 → pôle 3 : demande de données, envoi ou
30 demande de résultats ;
- pôle 3 → pôle 2 : envoi de données ou de résultats pour exploitation.

13. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que la communication entre deux pôles situés au sein d'une même machine se fait par fichiers ou par la mémoire, s'ils ont fait l'objet d'une édition de liens.

5 14. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il possède, pour l'interface entre l'homme et la machine, une architecture de dialogue en étoile avec priorités.

10 15. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un générateur d'études qui est une couche du système chargée d'analyser la nature des données d'entrée et de séquencer les calculs nécessaires afin de fournir en sortie les résultats sous une forme définie par l'utilisateur, et qui possède une structure originale en V comprenant :

- un interpréteur d'instructions (10) ;
- un constructeur d'études (11) ;
- 15 - un séquenceur de simulation (12) ;
- un analyseur de résultats (13) ;
- un conditionneur de résultats (14).

20 16. Système selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'interpréteur d'instructions (10) lit le jeu de données symbolique, qui contient tous les éléments nécessaires à définir l'étude qui doit être menée : les modèles et leurs variations.

25 17. Système selon la revendication 15, caractérisé en ce que le constructeur d'études (11) met en place effectivement tous les éléments, conformément à une interprétation préalable, en ce qu'il relie les modules entre eux, affecte les valeurs aux paramètres et prépare les filtres pour les résultats de sortie.

30 18. Système selon la revendication 15, caractérisé en ce que le séquenceur de simulations (12) contient les boucles et branchements divers qui permettent d'animer le calcul.

19. Système selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'analyseur de résultats (13) déchiffre, trie et filtre les résultats selon les règles spécifiées par l'utilisateur.

20. Système selon la revendication 15, caractérisé en ce que le conditionneur de résultats (14) met les paquets de résultats préalablement extraits, au format compatible avec l'environnement extérieur.

5 21. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est utilisé dans le domaine du calcul de l'impact sur l'environnement d'une installation ou d'un système naturel véhiculant des flux de matière ou d'information dans des conditions normales, altérées ou accidentelles.

10 22. Système selon la revendication 21, caractérisé en ce que les flux de matière sont des flux toxiques ou radiotoxiques de polluants.

23. Système selon la revendication 21, caractérisé en ce que l'installation est une installation de stockage de déchets toxiques ou radioactifs.

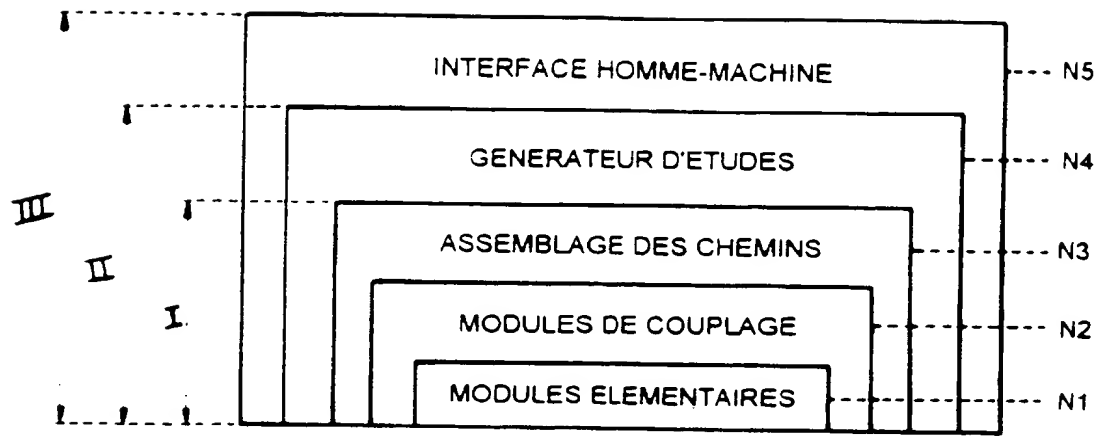


FIG. 1

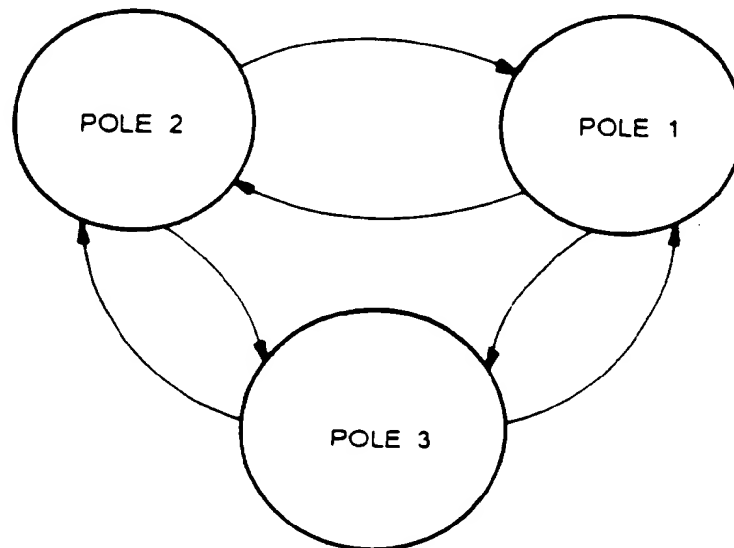


FIG. 2

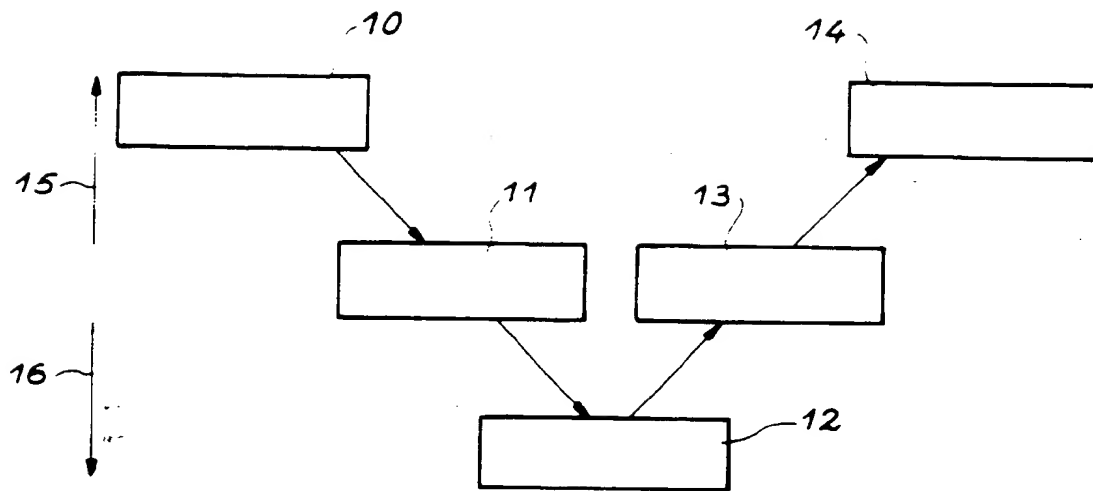


FIG. 3

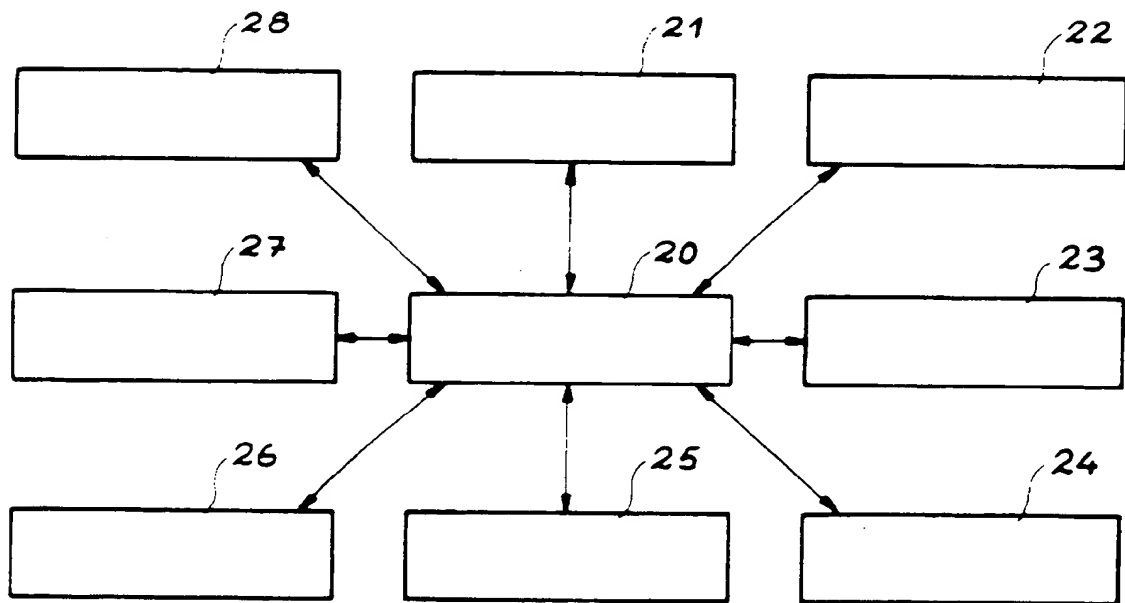
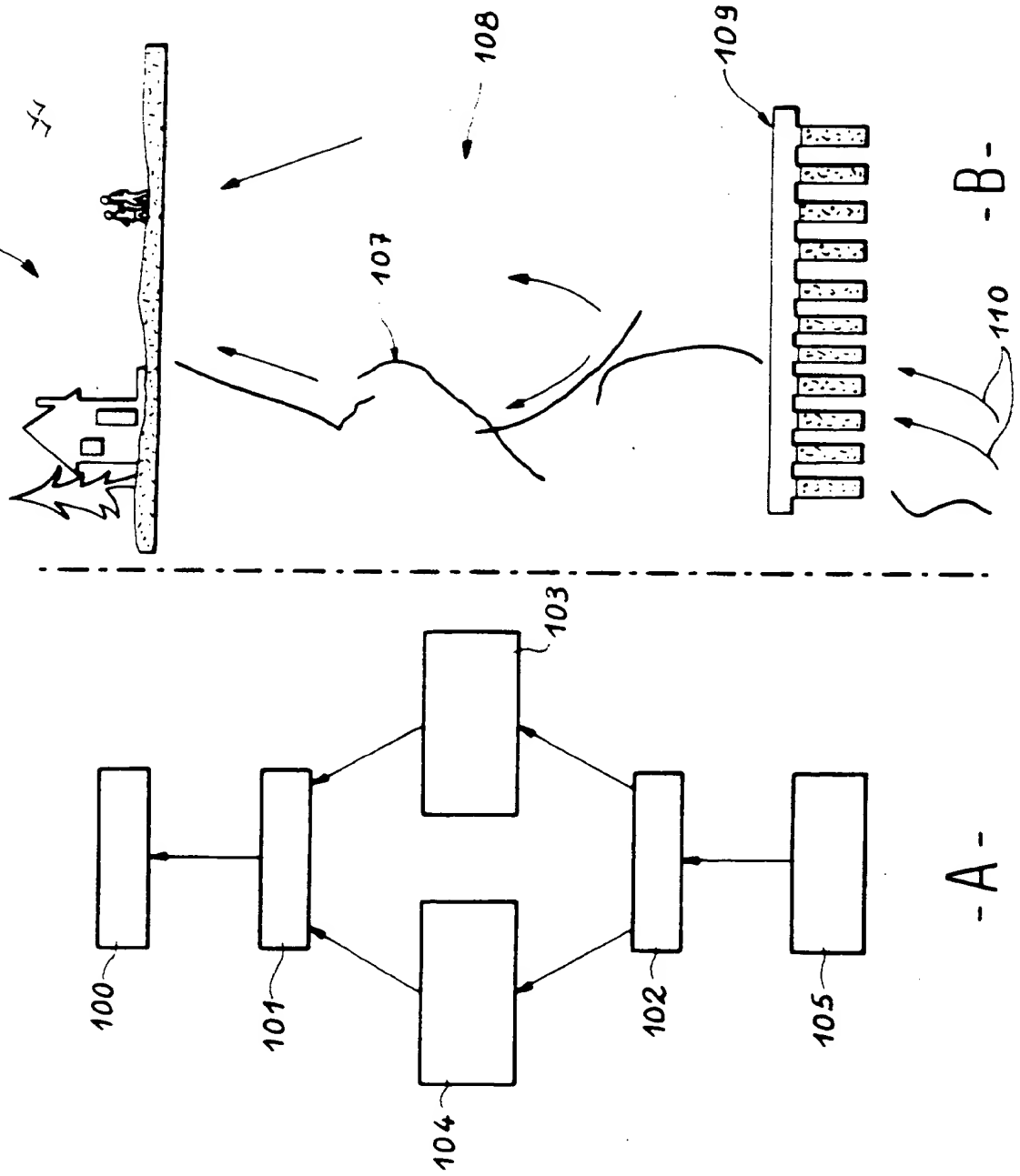
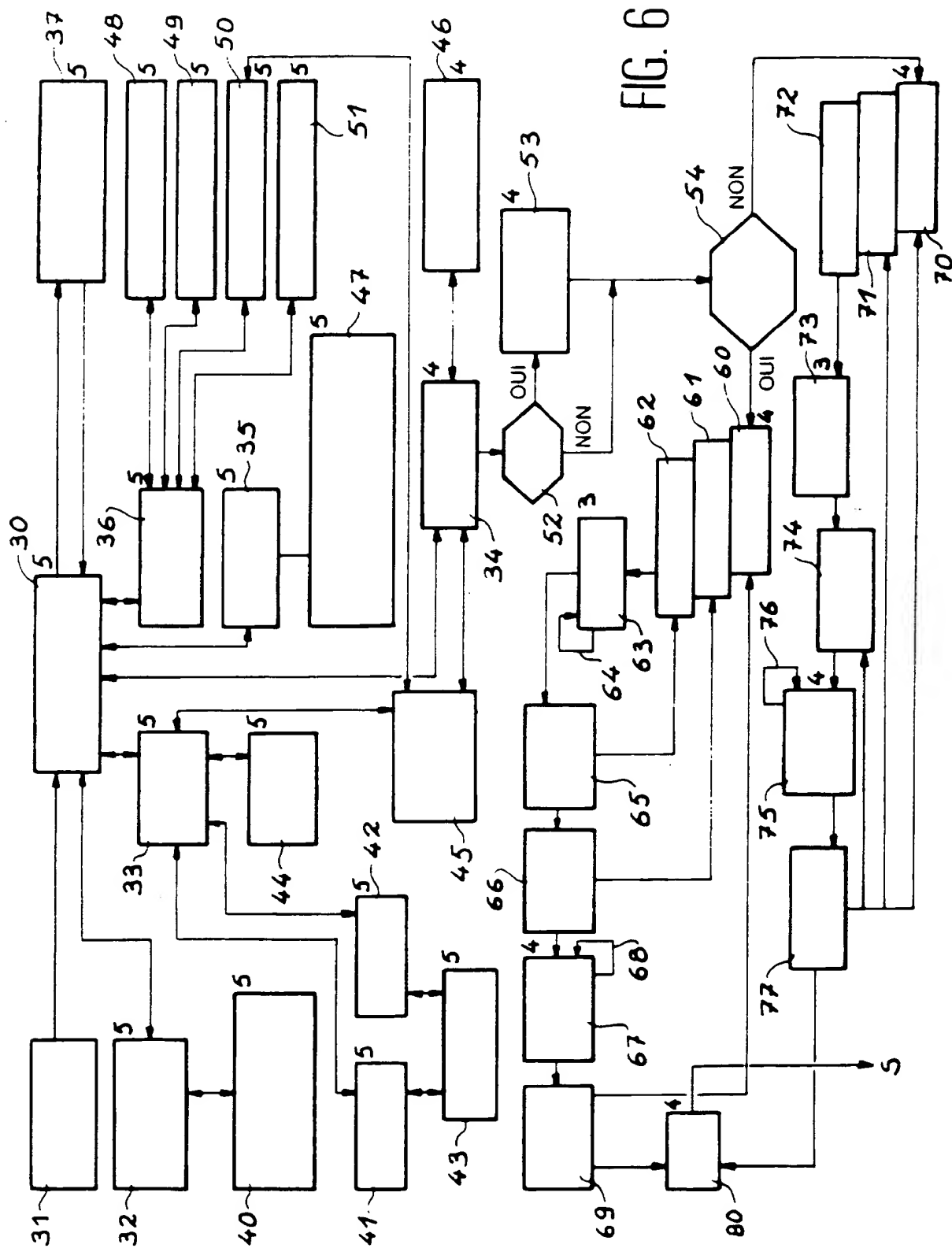


FIG. 4

FIG. 5





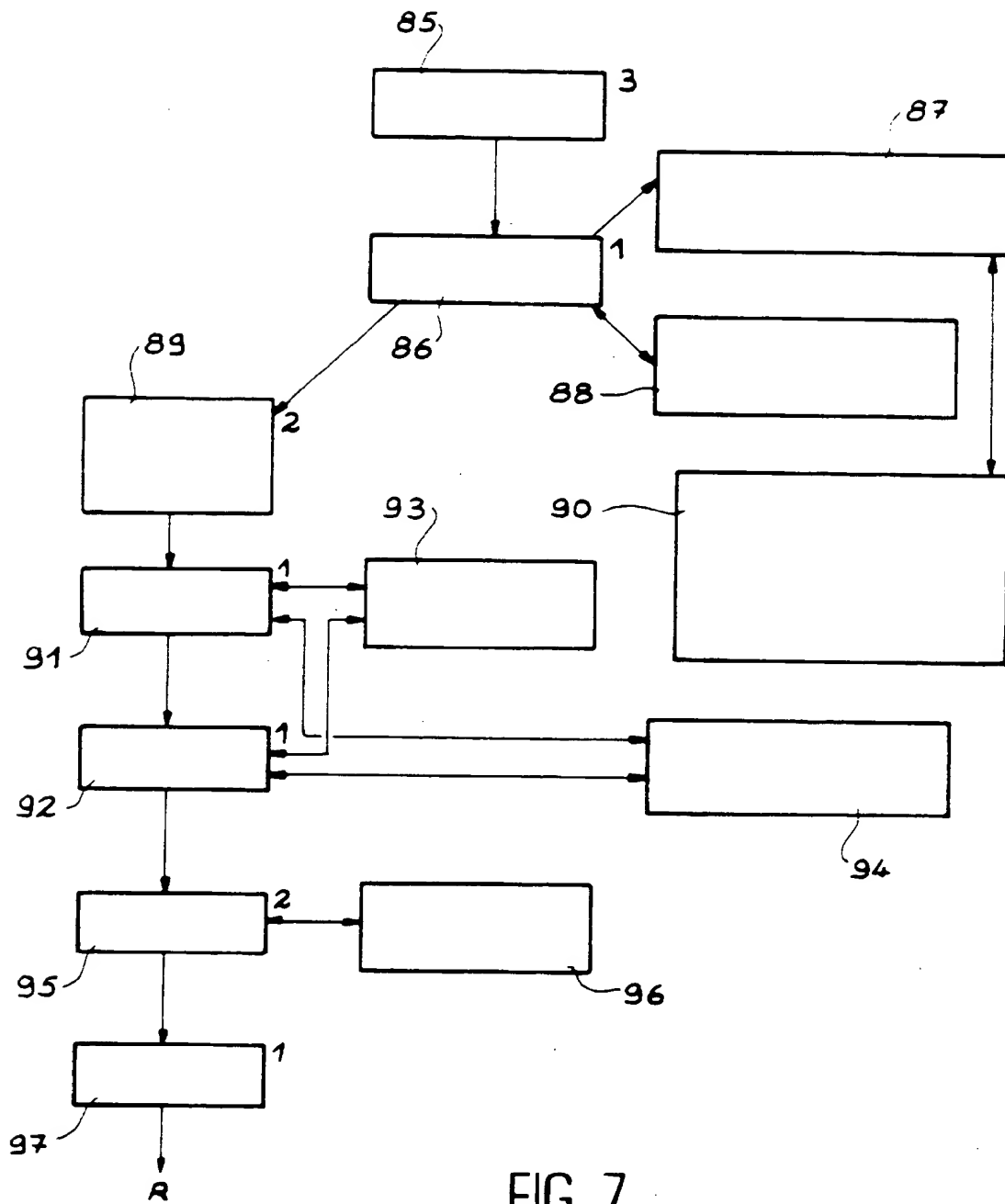


FIG. 7

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2728368

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 511585
FR 9415310

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendications concernées de la demande examinée
A	EP-A-0 296 812 (COMDISCO RESOURCES INC) 28 Décembre 1988 * page 10, ligne 48 - page 12, ligne 49; figure 1 *	1-8, 15-20
A	US-A-5 092 780 (VLACH) 3 Mars 1992 * colonne 2, ligne 6 - ligne 22; figure 1 *	1-8, 15-20
A	US-A-4 866 663 (GRIFFIN) 12 Septembre 1989 * colonne 3, ligne 17 - ligne 49; figure 1 *	1-8, 15-20
A	HIGH LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE, 12 Avril 1992, LAS VEGAS NV US pages 1786 - 1793 KOSSIK ET AL 'integrated performance assesement model for waste package behavior and radionuclide release' * le document en entier *	1,21-23

DOMAINES TECHNIQUES
RECHERCHES (Int.CL.6)

G06F

1

EPO FORM 150 (ULZ) (POC) CH

Date d'achèvement de la recherche

10 Août 1995

Examineur

Guingale, A

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

I : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
& : membre de la même famille, document correspondant

THIS PAGE BLANK (USPTO)